

STUDI PERUBAHAN GARIS PANTAI DI DELTA SUNGAI JENEBERANG, MAKASSAR

STUDY OF SHORELINE CHANGES AT JENEBERANG RIVER DELTA, MAKASSAR

Sakka¹, Mulia Purba², I Wayan Nurjaya², Hidayat Pawitan³, dan Vincentius P. Siregar²

¹Mahasiswa Pasca Sarjana, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. E-mail: sakka_psl@yahoo.com

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

³Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor.

ABSTRACT

The study of shoreline changes during 1990 - 2008 in the delta of the River Jeneberang, Makassar was conducted by evaluating sediment transport into and out of a cell. Longshore sediment transport was computed by considering the influence of heights and angles of the breaking waves. Results of calculation of sediment transport showed that the dominant of sediment transport was to the north during the arrival of the southwest and west waves, and to the south when the wave coming from the northwest. Comparison between shore profiles resulting from model and coastline satellite imagery showed similarity. The difference between the two tend to be occurred at the head land part of the shoreline. This was due to complexity of coastal dynamic at the area. The results of the 19 years shoreline simulation showed that there was a tendency of abrasion at the upsteam head land part as the wave energy tend to converge and accretion at the bay part as the wave energy tend to diverge. Abrasion mainly occurred at Tanjung Bunga (head land) where the coast retreat 181.1 m. Accretion occur in the bay area (Tanjung Merdeka) where the coast advance to the sea for about 59.8 m. The shoreline tend to be stable when the profile was straight such as Barombong Coast.

Keywords: *abrasion, accretion, sediment transport, shoreline changes.*

ABSTRAK

Penelitian perubahan garis pantai selama tahun 1990 - 2008 dilakukan di delta Sungai Jeneberang, Makassar dengan memperhitungkan angkutan sedimen yang masuk dan keluar sel. Perhitungan angkutan sedimen sejajar pantai dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh tinggi dan sudut gelombang pecah. Hasil perhitungan angkutan sedimen menunjukkan bahwa angkutan sedimen dominan ke utara pada saat gelombang datang dari arah barat daya dan barat serta dominan ke selatan saat gelombang dari barat laut. Namun demikian secara keseluruhan angkutan sedimen dominan ke utara. Hasil perbandingan profil garis pantai hasil model dengan citra satelit menunjukkan adanya kemiripan. Perbedaan terutama terjadi pada pantai berbentuk tonjolan karena pada lokasi demikian dinamikanya lebih kompleks. Simulasi model selama 19 tahun (1990 – 2008) menunjukkan tendensi adanya proses abrasi pada pantai yang berbentuk tonjolan akibat energi gelombang yang terfokuskan, sedangkan pantai melengkung mengalami sedimentasi akibat energi gelombang menyebar. Proses abrasi terutama terjadi pada pantai Tanjung Bunga yang berbentuk tonjolan (181.1 m), sedangkan proses sedimentasi terutama terjadi pada pantai Tanjung Merdeka bagian selatan sejauh 59.8 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pantai Barombong bagian selatan lebih stabil dibandingkan dengan lokasi lain karena profil garis pantainya cenderung lebih lurus.

Kata Kunci: abrasi, akresi, angkutan sedimen, perubahan garis pantai.

I. PENDAHULUAN

Untuk keperluan perencanaan pengelolaan kawasan pantai, diperlukan penelitian tentang perubahan garis pantai sehingga pembangunan yang dilakukan tidak berdampak terhadap lingkungan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui perubahan garis pantai di suatu lokasi adalah dengan menggunakan model numerik (Dabees and Kamphuis, 2000).

Beberapa model numerik telah dibuat untuk mensimulasikan perubahan garis pantai, model ini meliputi model dua dimensi dan tiga dimensi. Model dua dimensi menghitung perubahan garis pantai dengan cara mengamati pergerakan posisi garis pantai dengan asumsi bahwa profil pantai tidak berubah yang biasa disebut metode *one-line*, sedangkan model tiga dimensi mengamati variasi topografi. Model numerik dua dimensi dibuat oleh Leont'yev (1996) untuk mengamati perubahan garis pantai dalam waktu singkat di sekitar struktur tegak lurus pantai dengan menggunakan metode *one-line*. Diperoleh bahwa jumlah total material sedimen yang terangkut adalah $25 \times 10^3 \text{ m}^3$ untuk daerah sebelah utara groin dan $12 \times 10^3 \text{ m}^3$ untuk daerah sebelah selatan groin dengan perubahan garis pantai tertinggi adalah melebihi 4 m.

Purba dan Jaya (2004) meneliti perubahan garis pantai dan penutupan lahan di pesisir Lampung timur yang menggunakan citra Landsat-TM tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003 dan menemukan erosi di sisi hilir tonjolan garis pantai dan akresi di daerah lekukan. Ashton dan Murray (2006) meneliti pengaruh sudut datang gelombang terhadap perubahan garis pantai yang berbentuk *spit* dan tanjung dan memperoleh bahwa interaksi antara input sedimen, pembentukan kembali

gelombang dan hampasan gelombang mengakibatkan sifat yang kompleks, dengan garis pantai menyerupai bentuk delta Nile dan bentuk yang lebih kompleks seperti Delta Ebro atau Danube. Shibutani *et al.* (2007) membuat model transpormasi gelombang dan perubahan garis pantai dengan menggunakan metode *one-line*, dan memperoleh bahwa ukuran butiran sedimen yang terdapat di pantai mempunyai pengaruh terhadap perubahan garis pantai yaitu semakin kecil ukuran butiran, maka semakin besar jarak perubahan garis pantai yang terjadi.

Hung *et al.* (2008) membuat model transpormasi gelombang dan perubahan garis pantai akibat pengaruh pemecah gelombang dengan menggunakan metode *one-line* dan memperoleh bahwa terjadi bentuk garis pantai menonjol yang terbentuk di belakang pemecah gelombang serta perubahan garis pantai menunjukkan kecenderungan yang sesuai dengan hasil eksperimen. Shibutani *et al.* (2008) membuat model evolusi pantai menggunakan metode *N-line* dengan memasukkan pengaruh difusi dan adveksi sedimen. Model ini memberikan hasil yang baik pada pemulihan garis pantai mundur.

Kim dan Lee (2009) mengembangkan model perubahan garis pantai dengan menggunakan persamaan *logarithmic spiral bay* untuk memprediksi konfigurasi garis pantai yang berbentuk teluk. Triwahyuni *et al.* (2010) membuat model perubahan garis pantai Timur Tarakan dengan menggunakan metode *one-line*. Tinggi, kedalaman dan sudut gelombang pecah dihitung dengan menggunakan persamaan matematik, kemudian digunakan sebagai input dalam model. Secara umum profil garis pantai hasil akhir model menunjukkan kemiripan dengan garis pantai hasil citra. Fitrianto (2010) membuat model perubahan garis pantai di sekitar jetty di Pelabuhan

Pendaratan Ikan (PPI) Glayem Juntinyuat dengan menggunakan metode *one-line*. Tinggi, kedalaman dan sudut gelombang pecah diperoleh dengan menggunakan program STWAVE sehingga model transformasi gelombang belum menyatu dengan model perubahan garis pantai.

Beberapa penelitian dalam aspek oseanografi telah dilakukan di sekitar muara Sungai Jeneberang, seperti yang dilakukan oleh Departemen PU (1989) yang meneliti tentang hidrologi, perubahan garis pantai dan batimetri di Sekitar muara Sungai Jeneberang. Suriamiharja (2005) melakukan penelitian tentang pasang surut, gelombang, arus dan angkutan sedimen dalam kaitannya dengan akresi dan abrasi pantai Tanjung Bunga. Kedua penelitian tersebut menyimpulkan bahwa telah terjadi abrasi satu sisi dan akresi di sisi lain di sepanjang pantai delta Sungai Jeneberang. Kedua penelitian sebelumnya tidak membuat model matematik dalam melakukan kajian oseanografi, sedangkan pada penelitian ini dibuat model matematik yang menerapkan prinsip *cascades* (output yang terakhir menjadi input berikutnya).

Gelombang yang terjadi di pantai Delta Sungai Jeneberang mempunyai pengaruh yang sangat intensif terhadap material sedimen yang terdapat di sepanjang pantai sehingga dapat mengubah garis pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan garis pantai di delta Sungai Jeneberang akibat pengaruh angkutan sedimen. Dalam penelitian ini dibuat model angkutan sedimen dan perubahan garis pantai serta menggunakan model prediksi gelombang laut lepas dan transformasi gelombang yang telah dibuat oleh Sakka *et al.* (in press). Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan penelitian dalam bidang perubahan garis pantai serta memberikan masukan yang penting bagi pemerintah

Kota Makassar dalam menentukan kebijakan untuk memanfaatkan dan melestarikan pantai delta Sungai Jeneberang.

II. METODE

2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari : data tinggi, perioda dan arah gelombang laut lepas, gelombang pecah, karakteristik sedimen serta data garis pantai awal. Data tinggi, perioda dan arah gelombang laut lepas dihitung berdasarkan data kecepatan angin, sedangkan gelombang pecah diperoleh dari transformasi gelombang laut lepas yang merambat menuju ke pantai. Data gelombang laut lepas dan gelombang pecah diambil dari hasil perhitungan yang dilakukan oleh Sakka *et al.* (in press), sedangkan data karakteristik sedimen diperoleh dari hasil pengambilan sampel sedimen di lokasi penelitian. Data garis pantai awal diperoleh dari citra Landsat tahun 1990, sedangkan untuk validasi hasil model digunakan citra Landsat tahun 1999, 2003 dan 2008.

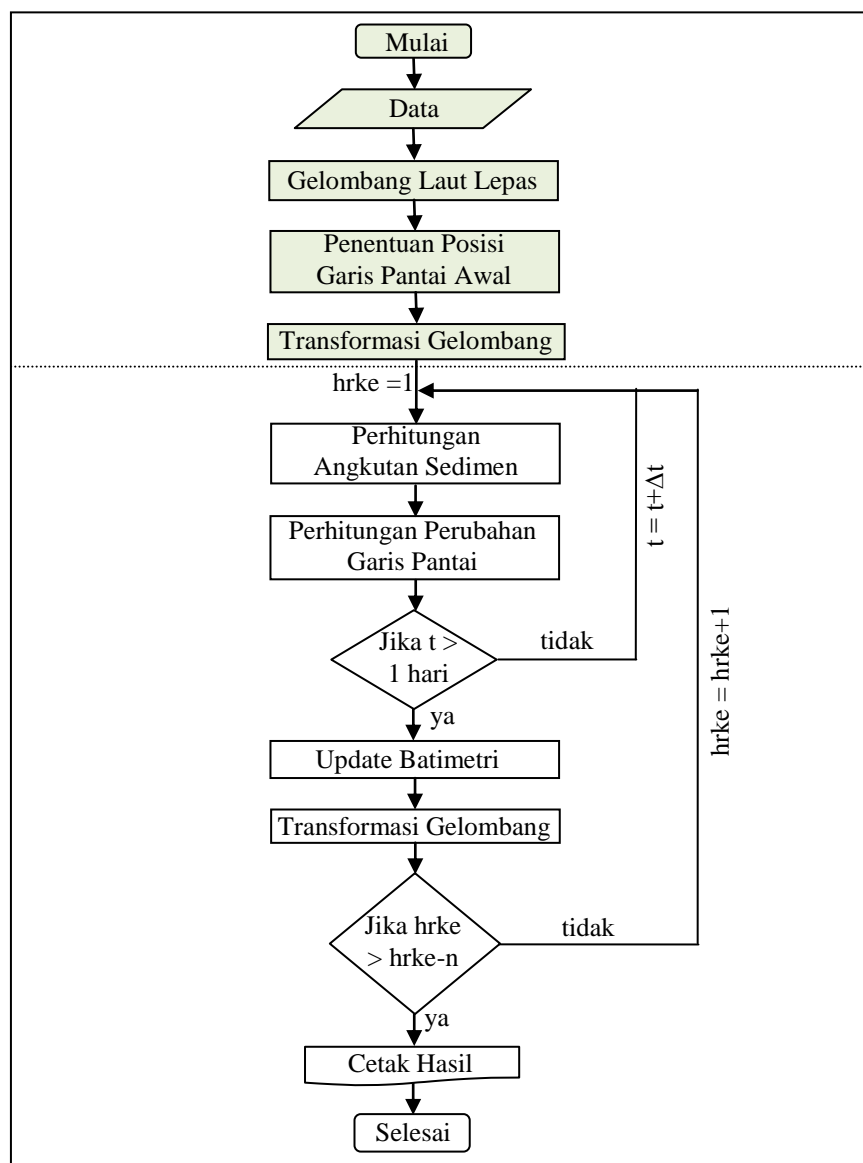
2.2. Desain Model

Tujuan model ini adalah untuk memprediksi perubahan garis pantai akibat pengaruh angkutan sedimen sejajar pantai yang dibangkitkan oleh arus sejajar pantai pada saat gelombang pecah. Pada model ini dilakukan berbagai penyederhanaan terhadap fenomena kompleks dengan tujuan untuk mendapatkan model yang sederhana dengan tetap mempertimbangkan akurasi perhitungan. Model ini lebih ditujukan untuk pantai berpasir yang didominasi oleh pengaruh gelombang, sedangkan aspek pasang surut tidak dipertimbangkan. Model ini terdiri atas empat submodel yaitu :

- (1) Submodel prediksi gelombang laut lepas yang dibangkitkan oleh angin,
- (2) Submodel transformasi gelombang dari laut lepas ke garis pantai,
- (3) Submodel angkutan sedimen sejajar pantai,
- (4) Submodel perubahan garis pantai.

Submodel (1) dan (2) telah dikerjakan oleh Sakka *et al.* (*in press*), dan dalam studi ini digunakan untuk melengkapi submodel (3) dan (4).

Keempat submodel ini dikendalikan oleh satu program utama yang mengatur proses secara keseluruhan. Struktur model utama diperlihatkan pada Gambar 1. Model utama ini dimulai dengan pembacaan data seperti : data angin, batimetri, sifat sedimen yang tersimpan dalam bentuk file. Proses pertama yang dilakukan adalah menghitung gelombang yang dibangkitkan oleh angin pada laut lepas.



Gambar 1. Diagram alir program utama perubahan garis pantai, submodel berwarna telah dikerjakan oleh Sakka *et al.* (*in press*)

Informasi ini digunakan sebagai kondisi batas di grid terluar (lepas pantai).

Proses kedua adalah penentuan posisi garis pantai awal berdasarkan data batimetri. Diasumsikan bahwa batimetri dengan kedalaman lebih besar dari nol dianggap sebagai sel laut, sebaliknya kedalaman lebih kecil dari nol dianggap sebagai sel darat. Model akan mendeteksi garis pantai dengan menghitung panjang lintasan dari titik referensi ($j = 1$) sampai dengan sel laut yang terdekat.

Proses ketiga adalah menghitung penjalaran gelombang dari laut lepas ke garis pantai. Dalam perhitungan diasumsikan bahwa proses yang dominan adalah proses refraksi dan *shoaling*. Proses difraksi, refleksi, interaksi nonlinier, gesekan dasar, perkolasi, energy angin, irregularitas gelombang tidak ditinjau dalam model karena dianggap tidak dominan. Berdasarkan informasi tinggi, periode dan sudut datang gelombang di laut lepas, maka model menghitung refraksi gelombang.

Setelah diperoleh data posisi garis pantai awal, medan gelombang yang berisikan informasi berupa tinggi, periode, sudut gelombang dan posisi gelombang pecah maka dimulailah loop perhitungan perubahan garis pantai. Sebelum dilakukan perhitungan perubahan garis pantai, terlebih dahulu dihitung angkutan sedimen menyusuri pantai serta kontribusi sedimen dari sungai. Perhitungan angkutan sedimen dan perubahan garis pantai dilakukan sehari untuk setiap Δt . Pada hari berikutnya informasi medan gelombang dan batimetri diperbaharui berdasarkan posisi garis pantai terakhir. Proses loop ini dilakukan sampai dengan hari ke 6840.

2.3. Analisis data dan pemodelan

Perhitungan angkutan sedimen sejajar pantai (Q) yang diakibatkan oleh gelombang pecah dihitung dengan menggunakan persamaan USACE (2003):

$$Q = K_{rms} \left\{ \frac{\rho \sqrt{g}}{16 \gamma_b^{1/2} (\rho_s - \rho)(1-n)} \right\} H_{brms}^{5/2} \sin(2\alpha_b) \quad (1)$$

parameter ρ_s adalah massa jenis sedimen (kg/m^3), ρ adalah massa jenis air laut (kg/m^3), γ_b adalah indeks gelombang pecah, n adalah porositas sedimen, α_b adalah sudut gelombang pecah (derajat).

$$K_{rms} = 1.4e^{-2.5D_{50}} \quad (2)$$

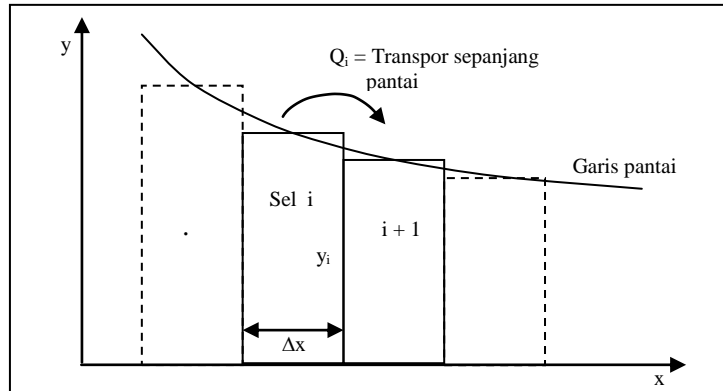
$$H_{brms} = 0.706H_b \quad (3)$$

2.4. Perubahan Garis Pantai

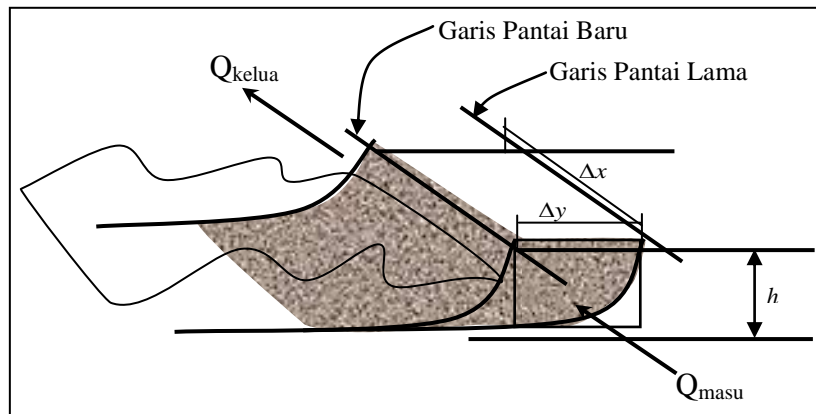
Model perubahan garis pantai dibuat berdasarkan pada persamaan *Budget* sedimen (USACE, 2003) yaitu sepanjang pantai dibagi menjadi sejumlah sel dengan panjang yang sama (Δx), seperti pada Gambar 2.

Perubahan garis pantai akibat angkutan sedimen yang masuk dan keluar sel diperlihatkan pada Gambar 3, laju perubahan volume sedimen yang terjadi di dalam sel adalah :

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = (Q_{i-1} - Q_i) \quad (4)$$



Gambar 2. Pembagian garis pantai menjadi sederetan sel dengan lebar Δx (Horikawa 1988)



Gambar 3. Angkutan sedimen yang masuk dan keluar sel (Horikawa 1988)

Volume sedimen yang berada dalam sel (ΔV) diperoleh dengan asumsi bahwa kedalaman dasar pantai (h) dalam sel adalah homogen (Gambar 2), yaitu:

$$\Delta V = h \Delta y \Delta x \quad (5)$$

dimana : Δx adalah panjang sel (m), Δy lebar sel (m).

Jika persamaan (5) disubsitusi ke (4), maka diperoleh:

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{1}{h} \left(\frac{Q_{i-1} - Q_i}{\Delta x} \right) \quad (6)$$

dimana : Q_i adalah angkutan sedimen pada titik i dan Q_{i-1} adalah angkutan sedimen pada titik $i-1$.

Pada lokasi penelitian terdapat sumber sedimen yang berasal dari dua muara Sungai Jeneberang (Q_{s1} dan Q_{s2}), sehingga persamaan (6) dapat ditulis menjadi:

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{1}{h} \left(\frac{Q_{i-1} - Q_i}{\Delta x} + Q_{s1} + Q_{s2} \right) \quad (7)$$

Dengan menggunakan metode beda hingga (*finite difference*), maka diperoleh hasil diskretisasi persamaan (7) sebagai berikut :

$$y_i^t = y_i^{t-1} + \frac{1}{h} \left(\frac{Q_{i-1}^t - Q_i^t}{\Delta x} + Q_{s1}^t + Q_{s2}^t \right) \Delta t \quad (8)$$

dimana:

y_i^t = Jarak antara garis pantai dan garis referensi di titik i pada waktu t (m)

Q_i^t = Angkutan sedimen sejajar pantai di titik i pada waktu t (m^3)

Q_{s1}^t = Angkutan sedimen dari sungai-1 per satuan lebar pada waktu t ($m^3/det/m$)

Q_{s2}^t = Angkutan sedimen dari sungai-2 per satuan lebar pada waktu t ($m^3/det/m$)

Δt = Langkah waktu (detik)

Δx = Jarak antara titik grid sejajar pantai (m)

h = Kedalaman air (m)

Dalam persamaan (8), nilai Δt dan Δx adalah tetap sehingga y hanya tergantung pada nilai ΔQ dan Q_s . Apabila jumlah ΔQ dan Q_s negatif (transpor sedimen yang masuk lebih kecil dari yang keluar sel) maka y akan negatif, yang berarti pantai mengalami abrasi. Sebaliknya, jika jumlah ΔQ dan Q_s positif (transpor sedimen yang masuk lebih besar dari yang keluar sel) maka y akan positif atau pantai mengalami akresi. Apabila $\Delta Q + Q_s = 0$ maka $\Delta y = 0$ yang berarti pantai tetap.

Input data yang digunakan dalam simulasi model terdiri dari : massa jenis sedimen = 2593 kg/m^3 , massa jenis air laut = 1025 kg/m^3 , porositas material dasar = 0.4, diameter sedimen rata-rata = 0.57 mm, persentase kejadian gelombang = 0.01, percepatan gravitasi = 9.81 m/detik^2 , jumlah titik grid dalam arah x (sejajar pantai) = 798, jarak titik grid dalam arah x = 10 m, jumlah titik grid dalam arah y (tegak lurus pantai) = 2028 dan jarak titik grid dalam arah y = 5 m.

Bila garis pantai hasil model tidak mendekati hasil citra sebagai validasi, maka dilakukan proses coba ulang (trial and error) terhadap model. Proses coba

ulang dilakukan dengan cara mengubah-ubah nilai Cn (persentase kejadian gelombang) sampai didapat garis pantai yang mendekati hasil citra.

Pada lokasi penelitian terdapat dua muara yaitu muara bagian selatan dan bagian utara. Kedua muara tersebut mensuplai sedimen ke daerah pantai. Muara bagian selatan terletak pada titik grid $i = 492$ sedangkan bagian utara terletak pada titik grid $i = 801$ yang mensuplai sedimen ke pantai pada setiap perhitungan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Angkutan Sedimen

Hasil perhitungan angkutan sedimen di sepanjang pantai dengan arah datang gelombang dari barat daya, barat dan barat laut diperlihatkan pada Gambar 4. Pada saat gelombang datang dari arah barat daya (terutama terjadi pada bulan Desember-Maret) besar angkutan sedimen berkisar antara 0.9 sampai $282.5 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan rata-rata $20.6 \text{ m}^3/\text{hari}$ ke arah utara dan 0.8 sampai $11.2 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan rata-rata $2.7 \text{ m}^3/\text{hari}$ ke arah selatan.

Pada saat gelombang datang dari arah barat besar angkutan sedimen berkisar antara 0.1 sampai $265 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan rata-rata $19.9 \text{ m}^3/\text{hari}$ ke arah utara dan 7.8 sampai $49.7 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan rata-rata $11.9 \text{ m}^3/\text{hari}$ ke arah selatan. Ketika gelombang dari barat, maka pada beberapa lokasi arah angkutan sedimen ke utara dan sebagian lokasi ke selatan, hal ini disebabkan karena orientasi pantai yang tidak lurus (berkelok).

Pada saat gelombang datang dari arah barat laut besar angkutan sedimen di sepanjang pantai berkisar antara 0.5 sampai $10.1 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan rata-rata $2.6 \text{ m}^3/\text{hari}$ ke arah utara dan 0.1 sampai $280.5 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan rata-rata $19.7 \text{ m}^3/\text{hari}$ ke arah selatan. Hasil perhitungan *netto* angkutan sedimen

sejajar pantai ke utara dan ke selatan menunjukkan bahwa angkutan sedimen dominan ke arah utara. Sedimen tersebut terangkut ke sebelah utara di perairan pantai Losari sehingga pada pantai Tanjung Bunga terjadi abrasi sedangkan di perairan pantai Losari terjadi pendangkalan. Hasil penelitian yang sama juga didapatkan oleh Departemen PU (1989) dan Suriamihardja (2005) bahwa angkutan sedimen di sepanjang pantai sekitar muara Sungai Jeneberang dominan ke arah utara.

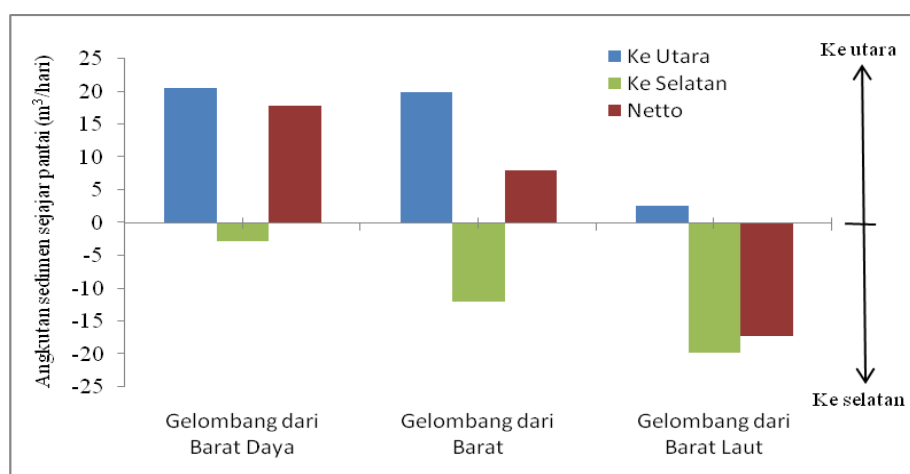
3.2. Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai di lokasi penelitian diteliti dengan menggunakan data citra landsat tahun 1990, 1999, 2003 dan 2008. Garis pantai tahun 1990 digunakan sebagai garis pantai awal untuk melihat besarnya perubahan garis pantai yang terjadi selama tahun 1990 sampai 2008. Hasil digitasi garis pantai diperlihatkan pada Gambar 5, yang merupakan hasil tumpang tindih (*overlay*) citra tahun 1990, 1999, 2003 dan 2008.

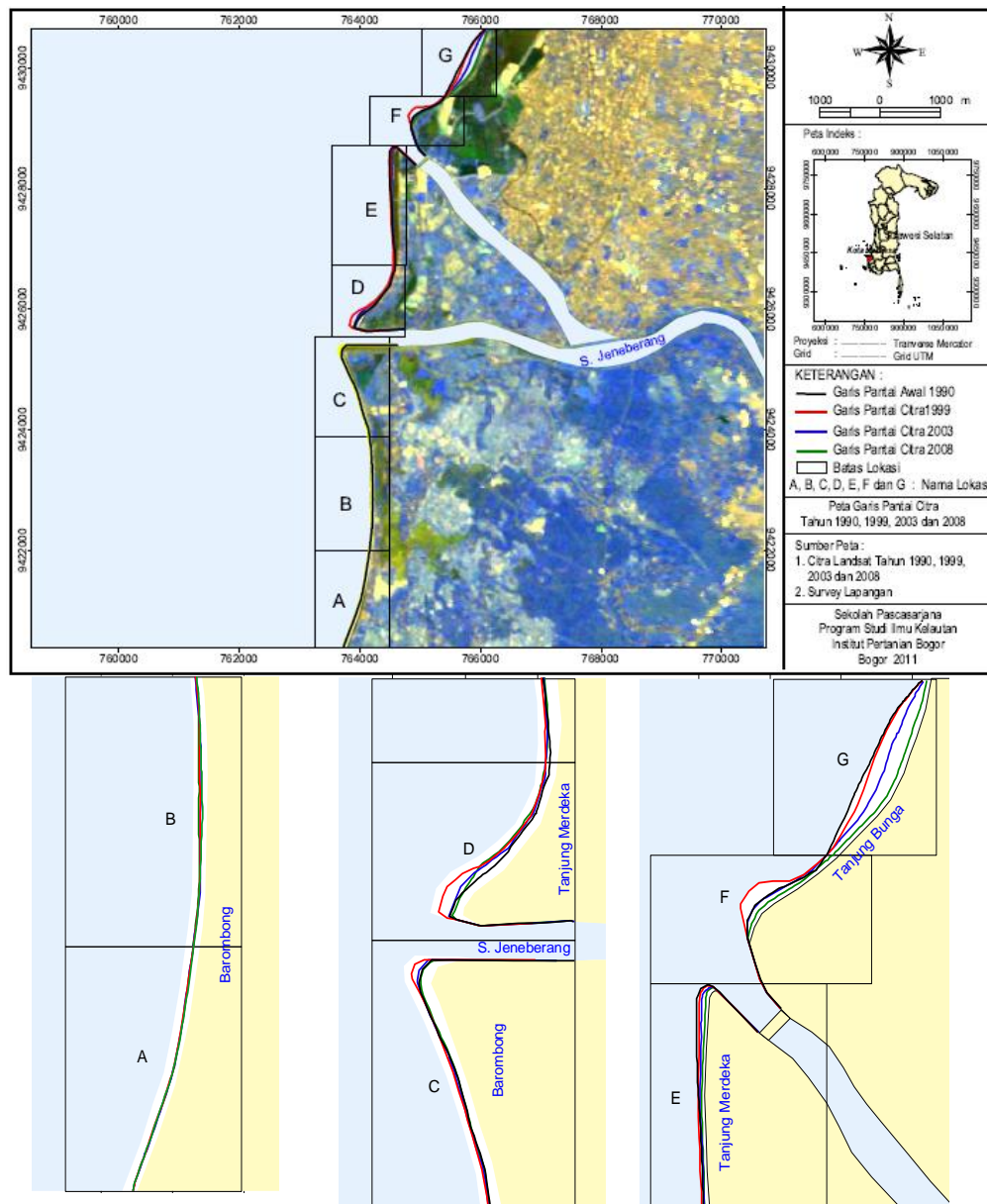
Secara umum sepanjang garis pantai lokasi penelitian terlihat bahwa selama tahun 1990 sampai 2008 telah

terjadi abrasi di satu sisi dan mengalami sedimentasi di sisi yang lain (Tabel 1). Proses abrasi terutama terjadi pada pantai Tanjung Bunga, hal ini disebabkan karena orientasi pantai Tanjung Bunga cenderung menghadap barat laut sehingga pada saat gelombang datang dari arah barat daya dan barat sudut gelombang pecah di pantai Tanjung Bunga sangat besar (Sakka, *in press*). Dengan demikian angkutan sedimen di pantai Tanjung Bunga sangat besar sehingga mengalami abrasi.

Sungai Jeneberang yang bermuara di Kota Makassar mempunyai dua muara yaitu muara bagian selatan (di antara pantai Barombong dan Tanjung Merdeka) dan muara bagian utara (di antara pantai Tanjung Merdeka dan Tanjung Bunga). Sedimen yang berasal dari Sungai Jeneberang sebagian besar tersedimentasi di sekitar muara sungai, kemudian terangkut oleh arus dan gelombang ke sepanjang pantai. Arah angkutan sedimen yang dominan ke utara menyebabkan pantai Tanjung Merdeka memperoleh sedimen terutama dari muara bagian selatan, sedangkan pantai Tanjung Bunga memperoleh sedimen dari muara bagian utara.



Gambar 4. Besar angkutan sedimen di sepanjang pantai



Gambar 5. Perubahan garis pantai hasil citra tahun 1990 – 2008, lokasi A, B, C, D, E, F dan G pada gambar bagian bawah dibuat dari gambar bagian atas yang diperbesar

Pada tahun 1993 muara Sungai Jeneberang bagian utara ditutup sehingga sedimen yang berasal dari Sungai Jeneberang semuanya mengalir ke muara bagian selatan. Hal ini menyebabkan pantai Tanjung Bunga tidak mendapat lagi suplai sedimen dari sungai bagian utara sedangkan hempasan gelombang yang terjadi setiap saat cukup besar

sehingga pantai Tanjung Bunga telah mengalami abrasi sekitar 66.9 sampai 190.3 m pada tahun 2008.

Pantai Barombong, pada tahun 1999 mengalami proses abrasi terutama terjadi di lokasi C yaitu garis pantai mundur sampai 47.8 m (lokasi C bagian selatan) dan pada lokasi C bagian utara telah terjadi sedimentasi yaitu garis

Tabel 1. Jarak perubahan garis pantai hasil citra tahun 1990 – 2008

Lokasi	Perubahan Garis Pantai (m)					
	1999		Tahun 2003		2008	
	Mundur	Maju	Mundur	Maju	Mundur	Maju
A	5.5	-	4.0	4.9	2.0	6.2
B	4.3	25.9	4.0	16.3	-	28.2
C	47.8	67.5	-	19.9	20.8	13.6
D	-	120.7	3.2	70.6	11.4	59.4
E	38.5	32.2	33.0	29.6	64.2	29.1
F	-	76.1	-	23.0	66.9	-
G	32.8	33.3	98.6	5.1	190.3	-

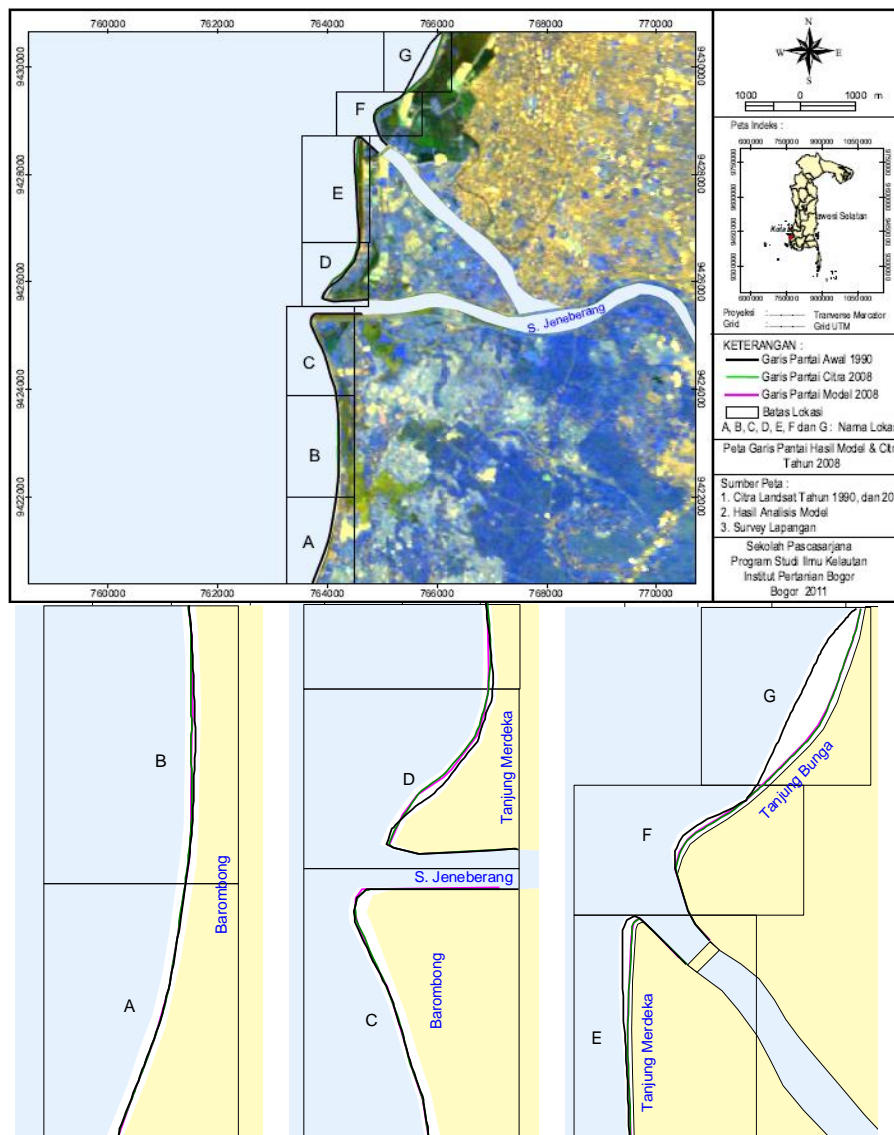
pantai telah maju sejauh 67.5 m ke arah laut, pada tahun 2008 proses abrasi menurun menjadi 20.8 m, sedangkan proses sedimentasi menjadi 13.6 m. Pantai Tanjung Merdeka, pada tahun 1999 mengalami proses abrasi terutama di lokasi E sebesar 38.5 m, sedangkan proses sedimentasi terutama terjadi pada lokasi D yaitu garis pantai telah maju sejauh 120.7 m. Pada tahun 2008 proses abrasi di pantai Tanjung Merdeka telah meningkat menjadi 64.2 m di lokasi E, sedangkan proses sedimentasi turun menjadi 59.4 m pada lokasi C.

Proses abrasi dan akresi yang terjadi terutama disebabkan oleh orientasi pantai lokasi penelitian yang berkelok-kelok. Pada pantai yang berbentuk tonjolan mengalami abrasi, sedangkan pantai yang berbentuk lekukan mengalami akresi. Selain itu juga dipengaruhi oleh penutupan muara Sungai Jeneberang dan pembangunan Dam Bilibili sehingga suplai sedimen kepantai semakin berkurang sedangkan hempasan gelombang mengangkut sedimen yang berada di pantai.

Untuk mengetahui besar perbedaan perubahan garis pantai antara hasil simulasi model dan hasil citra, maka dilakukan tumpang tindih garis pantai awal (tahun 1990), garis pantai citra pada tahun 2008 dan garis pantai hasil model tahun 2008 (Gambar 6).

Berdasarkan hasil tumpang tindih garis pantai hasil citra dan model menunjukkan adanya kemiripan pola garis pantai. Perubahan garis pantai hasil model dan citra tahun 2008 keduanya menunjukkan lokasi yang sama dimana proses proses abrasi dan akresi terjadi relatif terhadap garis pantai awal. Dari hasil tumpang tindih garis pantai 1999, diperoleh selisih antara garis pantai hasil model dengan garis pantai hasil citra seperti diperlihatkan pada Tabel 2. Pada tahun 1999 secara keseluruhan selisih antara hasil model dengan hasil citra pada semua lokasi berkisar 0.01 - 28.2 m, perbedaan ini terutama terjadi pada lokasi D. Pada tahun 2003 selisih antara garis pantai hasil model dan citra terbesar terjadi pada lokasi E berkisar 0.01 – 11.9 m. Pada tahun 2008 selisih antara garis pantai hasil model dan hasil citra terbesar terjadi pada lokasi C berkisar 0.04 – 17.1 m yang terjadi pada lokasi C. Garis pantai hasil model ini diperoleh setelah dilakukan proses coba ulang (*trial and error*) yaitu dengan cara mengubah-ubah nilai Cn (persentase kejadian gelombang). Nilai Cn yang digunakan dalam model ini adalah 0.01, sedangkan Komar (1983) menggunakan nilai Cn = 0.05.

Morfologi garis pantai di sepanjang lokasi penelitian berkelok-kelok, seperti pantai Barombong bagian selatan (lokasi A) dan pantai Barombong bagian tengah



Gambar 6. Perubahan garis pantai hasil citra dan hasil model tahun 2008, lokasi A, B, C, D, E, F dan G pada gambar bagian bawah dibuat dari gambar bagian atas yang diperbesar.

(lokasi B) mempunyai bentuk garis pantai melengkung, sedangkan pantai Barombong bagian utara (lokasi C) berbentuk tonjolan. Garis pantai Tanjung Merdeka bagian selatan berbentuk tonjolan sedangkan barombong bagian utara berbentuk lurus. Garis pantai Tanjung Bunga (lokasi F dan G) berbentuk tonjolan.

Hasil simulasi model (Tabel 3) juga memperlihatkan bahwa selama tahun

1990 - 2008 sepanjang garis pantai telah terjadi proses abrasi di satu sisi dan mengalami sedimentasi di sisi yang lain. Proses abrasi terutama terjadi di pantai Tanjung Bunga (lokasi F dan G) dan pantai Tanjung Merdeka bagian utara (lokasi E). Proses abrasi pada pantai Tanjung Bunga terjadi karena sudut gelombang pecah yang terjadi cukup besar sehingga angkutan sedimen juga besar sedangkan suplai sedimen dari

Tabel 2. Selisih perubahan garis pantai antara hasil citra dan hasil model relatif terhadap garis pantai awal

Lokasi	Selisih Perubahan Garis Pantai (m)								
	Tahun								
	1999			2003			2008		
	Jarak	Rata-rata	Err	Jarak	Rata-rata	Err	Jarak	Rata-rata	Err
A	0.01 - 8.7	1.7	41.8	0.01 - 2.4	1.0	39.1	0.01 - 8.2	1.9	44.9
B	0.01 - 9.4	2.5	28.1	0.15 - 6.3	2.6	46.2	0.02 - 6.7	3	31.0
C	0.12 - 23.7	7.8	18.3	0.08 - 7.8	3.1	27.3	0.04 - 17.1	4.6	51.2
D	0.01 - 28.2	4.8	7.3	0.07 - 10.6	6.6	19.2	0.13 - 10.2	3.1	13.5
E	0.03 - 18.6	5.9	9.1	0.01 - 11.9	5.0	22.1	0.54 - 15.3	3.2	16.9
F	0.25 - 4.9	3.6	6.2	0.09 - 1.7	1.0	23.6	4.42 - 9.9	7.7	15.3
G	0.01 - 8.1	3.1	23.9	0.03 - 9.5	5.2	12.2	0.02 - 10.5	5.7	4.9

Tabel 3. Perubahan garis pantai hasil model tahun 1990 – 2008

Lokasi	Perubahan Garis Pantai (m)					
	Tahun					
	1999		2003		2008	
	Mundur	Maju	Mundur	Maju	Mundur	Maju
A	11.0	-	5.7	6.3	6.0	7.9
B	4.7	18.9	8.2	9.9	0.2	26.2
C	31.3	69.3	-	23.9	16.5	28.9
D	-	126.3	5.6	62.3	12.2	59.8
E	38.1	32.6	27.0	29.5	60.4	32.6
F	-	77.2	-	22.6	58.0	-
G	28.3	36.7	91.9	5.2	181.1	-

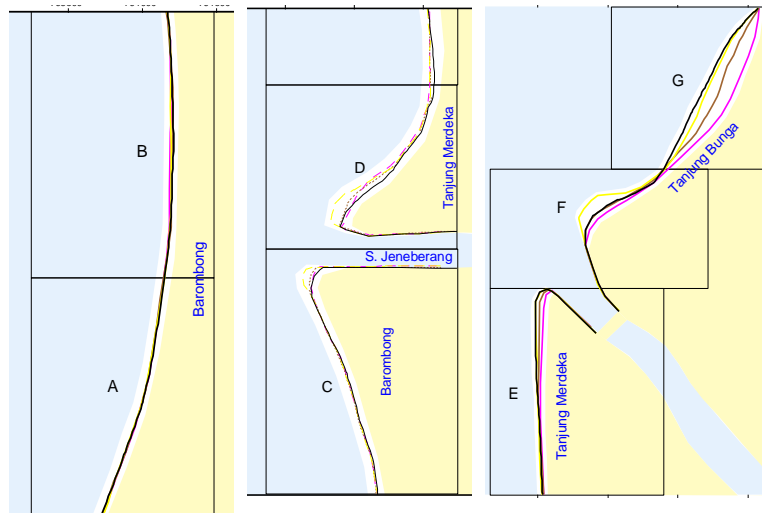
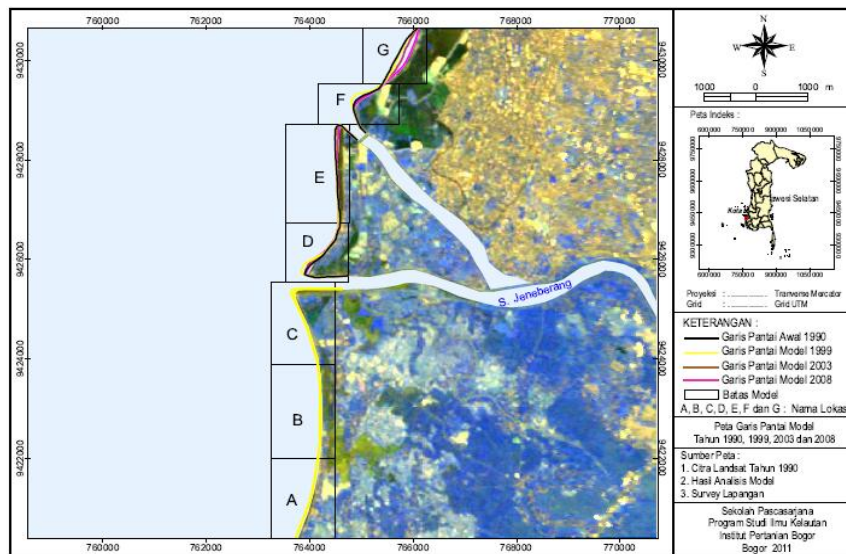
dari sungai berkurang.

Proses sedimentasi terutama terjadi di pantai Tanjung Merdeka bagian selatan (lokasi D) dan pantai Barombong bagian utara (lokasi B dan C). Proses sedimentasi terjadi karena perubahan garis pantai di sekitar muara sungai sangat dipengaruhi oleh suplai sedimen dari sungai (Ashton & Murray, 2006) dimana pantai Tanjung Merdeka bagian selatan dan Barombong bagian utara tetap mendapat suplai sedimen dari Sungai Jeneberang yang lebih besar dari angkutan sedimen akibat gelombang. Pantai Barombong bagian selatan (Lokasi A) mempunyai garis pantai yang lebih stabil dibandingkan dengan lokasi lain,

hal ini terjadi karena pantai barombong bagian selatan mempunyai garis pantai yang cenderung lurus dan jauh dari muara sungai, seperti diperlihatkan pada Gambar 7.

Selama tahun 1990 – 2008 gelombang yang berasal dari arah barat dan barat daya lebih dominan pengaruhnya dari pada barat laut.

Gelombang yang berasal dari arah barat dan barat daya akan menyebabkan angkutan sedimen ke arah utara, sedangkan yang berasal dari arah barat laut akan menyebabkan angkutan sedimen ke arah selatan. Karena angkutan sedimen dominan ke arah utara, maka pertumbuhan daratan cenderung ke



Gambar 7. Perubahan garis pantai hasil model tahun 1990 – 2008, lokasi A, B, C, D, E, F dan G pada gambar bagian bawah dibuat dari gambar bagian atas yang diperbesar

arah utara. Hasil penelitian yang sama juga didapatkan oleh Departemen PU., (1989) dan Suriamihardja (2005) bahwa angkutan sedimen di lokasi penelitian dominan ke arah utara.

Dari hasil tumpang tindih garis pantai hasil model dan hasil citra diperoleh bahwa persentase kesalahan hasil model terhadap citra berkisar antara 4.9 – 51.2% (Tabel 2). Pada penelitian ini perubahan garis pantai dari citra satelit diperoleh dari data citra *landsat* yang

mempunyai resolusi spasial 30 x 30 meter, dimana 50% dari resolusi satelit yang digunakan adalah kemungkinan penyebab error terhadap perhitungan garis pantai.

IV. KESIMPULAN

Angukutan sedimen di lokasi penelitian dominan ke arah utara dibandingkan dengan ke arah selatan. Hal ini disebabkan karena gelombang

yang yang merambat dari laut lepas menuju ke pantai dominan dari arah barat dan barat daya yang mengangkut sedimen ke arah utara.

Berdasarkan tumpang tindih garis pantai hasil citra dan garis pantai hasil model terlihat adanya kemiripan pola garis pantai. Pantai yang berbentuk tonjolan mengalami abrasi. Hal ini terjadi karena diperkirakan energi gelombang pada pantai tersebut terfokus dan tinggi gelombang lebih besar seperti pada pantai Tanjung Bunga mengalami abrasi sejauh 181.1 m. Selain itu, Penutupan Sungai Jeneberang yang terletak di sisi selatan dari Tanjung Bunga, diperkirakan mengurangi pasokan sedimen sehingga menaikkan tingkat erosi. Pantai yang berbentuk lekukan cenderung mengalami sedimentasi karena diperkirakan energi gelombang menyebar dan tinggi gelombang lebih kecil sehingga sedimen lebih mudah terendapkan seperti pada pantai Tanjung merdeka bagian selatan mengalami sedimentasi sejauh 59.8 m. Pantai yang lurus lebih stabil karena tinggi dan sudut gelombang yang terjadi hampir sama sepanjang pantai tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashton, A. and B. Murray. 2006. High-angle wave instability and emergent shoreline shapes: 1. Modeling of sand waves, flying spits, and capes. *J Geophys Res.*, 111:1-19.
- Dabees, M. and J.W. Kamphuis. 2000. NLINE: Efficient modeling of 3-D beach change. *Presented at: ICCE '00 Sydney. Australia.*
- Departemen P.U. 1989. *Bili-Bili Multipurpose Dam Project Detailed Design for Jeneberang River Improvement Works. Supporting Report Study on Hydrology and River Hydraulics Volume II.*
- Fitrianto, R. 2010. *Pemodelan perubahan garis pantai sekitar jetty di pelabuhan pendaratan ikan (PPI) Glayem-Juntinyuat, Kab. Inramayu [Tesis].* Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Horikawa, K. 1988. *Nearshore dynamics and coastal processes.* Japan: University of Tokyo Press.
- Hung, C.W., H.B. Chen, H.B., and C.P. Tsai. 2008. Simulation of shoreline change behind a submerged permeable breakwater. *Taiwan-Polish Joint Seminar on Coastal Protection* B49-B58.
- Kim, I.H., and J.L. Lee. 2009. Numerical modeling of shoreline change due to stucture-induced wave diffraction. *J. Coas. Res.*, 56:78-82.
- Leont'yev, I.O. 1997. Short-term shoreline changes due to cross-shore structures: A One-line numerical model. *J. Coas. Eng.*, 31:59-75.
- Purba, M. dan I. Jaya. 2004. Analisis Perubahan Garis Pantai dan Penutupan Lahan antara Way Penet dan Way Sekampung, Kabupaten Lampung Timur. *J. Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 11(2):109-121.
- Sakka, M. Purba, I.W. Nurjaya, H. Pawitan, dan V.P. Siregar. (in press), Transpormasi Gelombang Di Sepanjang Pantai Delta Sungai Jeneberang, Makassar. *J. Torani.*
- Shibutani, Y., M. Kuroiwa, and Y. Matsubara. 2007. One-line model for predicting shoreline changes due to beach nourishments. *J. Coas. Eng.*, 50:511-515.
- Shibutani, Y., M. Kuroiwa, and Y. Matsubara. 2008. N-line beach evolution model considering advection and diffusion effects of nourished sand. *Proceedings of the Eighteent International Offshore and Polar Engineering Conference*

- Vancouver. BC. Canada. ISBN 978-1-880653-70-8.*
- Suriamihardja, D.A. 2005. Compromise management in the jeneberang delta and losari bay, Makassar. *Department of Geography. Publication Series Number 61 University of Waterloo.*
- Triwahyuni, A., M. Purba, dan S.B. Agus. 2010. Pemodelan perubahan garis pantai timur Tarakan, Kalimantan Timur. *Ilmu Kelautan: Indonesian J. of Marine Sci. 1(Edisi Khusus):9-23.*
- USACE (U. S. Army Corps of Engineers). 2003. *Coastal Sediment Processes, Part III*, Department of the Army. U.S. Army Corp of Engineers. Washington DC.